PENENTUAN JADWAL DAN BIAYA EFEKTIF MELALUI INTEGRASI METODE CPM (*CRITICAL PATH METODE*) DAN PERT (*PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE*) PADA CV. PEMUDA KARYA PERSADA SURABAYA

Arizal Agusetiwan[1], Lukmandono[2]
Teknik Industri Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
E-mail: Jalcebonk12@gmail.com

ABSTRACT

The construction project is a temporary activity designed to build physical facilities in a short period of time. This research aims to minimize the cost and time of a new road construction project with a width of 6 m and a 30/40 channel on Medokan Tambak Road 16 in Surabaya City. In this development project, there was a delay in the work's completion, which led to a significant increase in project costs. Therefore, this study applied the CPM (Critical Path Method) and PERT (Program Evaluation and Review Technique) to analyze and optimize project implementation. The analysis was intended to speed up the project's completion time. The CPM method aims to identify critical paths and activities that affect project completion time. Meanwhile, the PERT method estimates the probability of a project being completed on time. The results of the analysis showed that the duration of the project according to CPM was 100 days with 11 activities on the critical path, and the probability of the project's accomplishment using the PERT method within 64 days was 90%. By using the time-cost trade-off strategy, project time and costs could be accelerated. The total cost of IDR 805,361,266 was the first option by adding (1) overtime hours, resulting in an ideal total cost of IDR 265,096,254 and a project completion time of 78 days. This option would save 22 days more than the standard procedure at IDR 540,265,012. With a project completion period of 67 days, the alternative of adding 2 and 3 hours of overtime produced a time difference of 33 days and an additional cost of IDR 75,007,516.

Keywords: project management, cpm, pert, crashing cost, time cost trade-off, 90% probability

ABSTRAK

Proyek konstruksi adalah kegiatan sementara yang dirancang untuk membangun fasilitas fisik dalam waktu singkat dengan tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan biaya dan waktu pelaksanaan proyek pembangunan jalan baru dengan lebar 6 m dan saluran 30/40 di JL. Medokan Tambak 16 Kota Surabaya. Dalam proyek pembangunan ini, terjadi keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan yang menyebabkan peningkatan biaya proyek secara signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) untuk menganalisis serta mengoptimalkan pelaksanaan proyek. Analisis dilakukan dengan tujuan mempercepat waktu penyelesaian proyek. Metode CPM digunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis dan aktivitas yang mempengaruhi waktu penyelesaian proyek. Sementara itu, metode PERT digunakan untuk memperkirakan probabilitas proyek selesai tepat waktu. Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi proyek menurut CPM adalah 100 hari dengan 11 aktivitas pada jalur kritis, dengan probabilitas proyek selesai dengan metode PERT dalam waktu 64 hari sebesar 90%. Dengan menggunakan strategi *Time cost trade off*, waktu dan biaya proyek dapat dipercepat. Dengan total biaya sebesar Rp. 805.361.266 pilihan pertama adalah menambah (1) jam lembur, sehingga menghasilkan total biaya ideal sebesar Rp. 265.096.254 dan waktu penyelesaian proyek 78 hari. Opsi ini menghemat waktu 22 hari lebih lama dibandingkan prosedur standar dengan biaya Rp. 540.265.012 lebih sedikit. Dengan masa penyelesaian proyek selama 67 hari, alternatif penambahan waktu lembur 2 dan 3 jam menghasilkan selisih waktu sebesar 33 hari dari waktu dengan penambahan biaya sebesar Rp. 75.007.516.

Kata kunci: Manajemen proyek, *cpm, pert, biaya crashing, time cost trade off* dan *probabilitas* 90%.

PENDAHULUAN

Perencanaan, pengelolaan, dan pemantauan sumber daya sebagai rangkaian prosedur dalam suatu proyek bangunan dari awal hingga akhir dengan tujuan mencapai target yang telah ditentukan dikenal dengan istilah manajemen proyek. Proyek konstruksi adalah operasi sementara yang dimaksudkan untuk membangun fasilitas fisik dengan cepat. Dana untuk proyek ini dipilih dengan tujuan memenuhi tugas-tugas yang tercantum secara eksplisit. Tahap perencanaan suatu proyek adalah kunci keberhasilannya karena tahap ini menguraikan bagaimana sumber daya akan dialokasikan dan bagaimana waktu, kualitas, dan tenggat waktu akan dilacak. Untuk mencapai tingkat efisiensi dan efektivitas kerja tertinggi, manajemen proyek yang baik memerlukan talenta tertentu. Pertimbangan terkait perencanaan dan penjadwalan mempengaruhi seberapa efisien dan efektif program dilaksanakan.[1].

TINJAUAN PUSTAKA

Proyek dibangun dari sejumlah tindakan yang terikat waktu, memanfaatkan sumber daya, dan dimaksudkan untuk menyelesaikan tugas tertentu. Perencanaan jadwal proyek adalah proses mengembangkan rencana tindakan dengan tujuan tertentu dan tanggal yang diperlukan. Manajemen proyek skala besar memerlukan perencanaan tugas, penjadwalan, dan koordinasi yang cermat. [2].

Pertumbuhan sektor jasa konstruksi di Indonesia sejalan dengan pertumbuhan sektor ekonomi lainnya. Industri bangunan yang mempunyai peranan penting dalam kegiatan pembangunan menerima lebih dari separuh anggaran pendapatan dan belanja negara (APBN) serta investasi swasta. Hal ini menunjukkan adanya kesetaraan. Keterlibatan sektor jasa konstruksi juga memberikan kontribusi signifikan dalam mendorong pertumbuhan ekonomi guna menyukseskan tujuan pembangunan nasional. [3].

Mengingat pesatnya pertumbuhan industri konstruksi saat ini, pentingnya manajemen dalam mengatur aktivitas kerja menjadi semakin jelas. sekelompok orang atau organisasi untuk mengembangkan pengawasan. Jika suatu proyek ingin berhasil, manajemen konstruksi harus mampu mengoordinasikan dan memaksimalkan berbagai sumber daya yang ada serta menghadapi situasi yang tidak menguntungkan. Tim atau profesional manajemen konstruksi akan membantu pemilik proyek mencapai tujuan proyek dengan cepat dan efektif. [4].

Perencanaan jaringan adalah alat untuk perencanaan proyek, penjadwalan, dan pemantauan kemajuan. *Diagram* jaringan merupakan suatu teknik yang dapat memberikan landasan teknis untuk mengetahui urutan dan lamanya kegiatan, yang kemudian dapat digunakan untuk memprediksi waktu penyelesaian proyek [5]. Berdasarkan apa yang telah ditemukan, perencanaan jaringan dapat didefinisikan sebagai teknik perencanaan dan pengendalian proyek yang menjelaskan hubungan antara setiap pekerjaan yang ditunjukkan dalam diagram jaringan. Diagram jaringan, yang merupakan gambaran grafis dari suatu jaringan, menunjukkan aliran aktivitas penting dan urutan peristiwa yang terjadi sepanjang implementasi suatu proyek. Diagram jaringan dapat digunakan untuk menggambarkan bagaimana suatu tindakan dihubungkan dengan aktivitas lain dan untuk mengidentifikasi jalur yang secara signifikan mempengaruhi suatu aktivitas.

Di bawah ini adalah beberapa keuntungan dari *network planning* sebagai berikut:

1. Mengatur proyek yang memiliki kompleksitas.
2. Menyusun pekerjaan secara efektif dan lugas.
3. Mendistribusikan sumber daya kerja dan uang dengan bijak.
4. Atur ulang jadwal Anda dengan mempertimbangkan hambatan dan penundaan.
5. Menyeimbangkan antara waktu dan uang.
6. Memperkirakan kemungkinan bahwa proyek akan selesai.

Dalam hal menyusun jadwal, *network planning* dianggap sebagai tahap perbaikan dari metode *grafik Gantt*, karena dapat menjawab permasalahan yang sebelumnya belum terjawab, seperti:

1. Berapa lama waktu penyelesaian proyek berdasarkan asumsi?
2. Tugas mana yang penting, dan bagaimana kaitannya dengan keberhasilan proyek?
3. Bagaimana penundaan dalam pelaksanaan beberapa tugas berdampak pada jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan?
4. Kontrol urutan tugas dalam proyek dengan interkoneksi dan komponen yang rumit.
5. Menghitung jadwal yang paling efektif.
6. Upaya untuk meminimalkan variasi dalam pemanfaatan sumber daya.

Berikut adalah beberapa rekomendasi untuk perencanaan jaringan:

1. Perencanaan jaringan harus mudah dibaca dan transparan dalam penyajiannya.
2. Harus memuat suatu peristiwa atau peristiwa baik pada awal maupun pada kesimpulannya.
3. Tanda panah, yang dapat berupa garis lurus atau titik-titik, digunakan untuk melambangkan kegiatan.
4. Tumpang tindih panah harus dijaga seminimal mungkin.
5. Hanya ada satu panah yang menghubungkan dua kesempatan.
6. Hanya gunakan garis putus-putus secukupnya dan bila perlu untuk menggambarkan aktivitas.

METODE

CPM (*Critical Path Method*)

CPM berkaitan dengan menemukan jumlah waktu dan uang yang tepat untuk menyelesaikan pekerjaan yang menantang. Ketika hubungan antara penggunaan sumber daya dan waktu penyelesaian proyek dipahami, CPM memungkinkan untuk membuat prediksi yang sangat tepat tentang berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tahapan proyek yang kompleks. Akibatnya, CPM juga dapat dilihat sebagai teknik analisis jaringan yang bertujuan untuk mengurangi total biaya proyek dengan mengurangi atau mengurangi lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. [6].

Langkah-langkah dalam analisis menggunakan CPM adalah sebagai berikut: [7].

1. Mengumpulkan informasi dari pemangku kepentingan terkait dan lingkungan proyek.
2. Bedakan antara aktivitas berbasis kelompok dan aktivitas individu dalam kategori aktivitas terkait proyek.
3. Membangun hubungan ketergantungan di seluruh aktivitas terkait implementasi untuk membentuk rantai yang sesuai dengan perencanaan logistik dari ketergantungan ini. Urutan dapat berurutan dan paralel.
4. Rancang diagram jaringan untuk setiap tugas dalam proyek.
5. Setelah meninjau ruang lingkup proyek secara menyeluruh, tentukan jadwal untuk setiap tindakan.
6. Satu-satunya waktu yang biasanya digunakan adalah sepanjang hari. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk suatu tugas bergantung pada beberapa faktor, termasuk jenis pekerjaan, sumber daya yang ada, lingkungan, dan produktivitas harian. Identifikasi node mengambang dan jalur jaringan penting.
7. Totalkan harga setiap tenaga kerja atau aktivitas.

PERT (Program Evaluation And Review Technique)

Tiga perkiraan waktu digunakan untuk setiap aktivitas dalam metode penjadwalan proyek berbasis jaringan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Ketiga perkiraan waktu ini, serta waktu mulai dan berakhirnya setiap kegiatan atau peristiwa, dapat digunakan untuk menghitung kemungkinan proyek akan selesai pada tanggal tertentu. [8].

Sasaran ketiga perkiraan waktu tersebut adalah sebagai berikut:

1. Waktu terbaik (a), atau perkiraan waktu kegiatan, dalam kondisi ideal tidak ada penundaan atau hambatan.
2. waktu yang paling mungkin (m): Waktu yang diperkirakan untuk tindakan dalam kondisi tipikal, ditambah sejumlah kecil penundaan yang diantisipasi
3. Waktu terburuk (b) menampilkan waktu yang diantisipasi dari suatu aktivitas apabila aktivitas tersebut mengalami lebih banyak kemacetan atau penundaan, yang menandakan probabilitas terendah, misalnya dalam kasus tindakan yang diulang beberapa kali.

Tujuan dari metode perencanaan jaringan berbasis PERT adalah untuk menentukan peluang kegiatan proyek, khususnya yang berada pada jalur kritis, akan selesai tepat waktu [9].

1. Mengestimasi durasi aktivitas.

$$\mathrm{T^e} = \frac{\mathrm{a+4m+b}}{6} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Keterangan:
(Te) = Perkiraan waktu aktifitas
(a) = Waktu terbaik
(m) = Waktu normal/waktu paling mungkin
(b) = Waktu terburuk

2. Tetapkan standar deviasi proyek untuk kegiatan. Deviasi standar aktivitas:

$$S = \frac{1}{6}(b-a) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Keterangan:
S = Deviasi standar kegiatan
(a) = Waktu terbaik
(b) = Waktu terburuk

3. Tentukan rentang aktivitas berdasarkan varian aktivitas untuk proyek:

$$V(te) = S^2 = \frac{(b-a)^2}{6} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

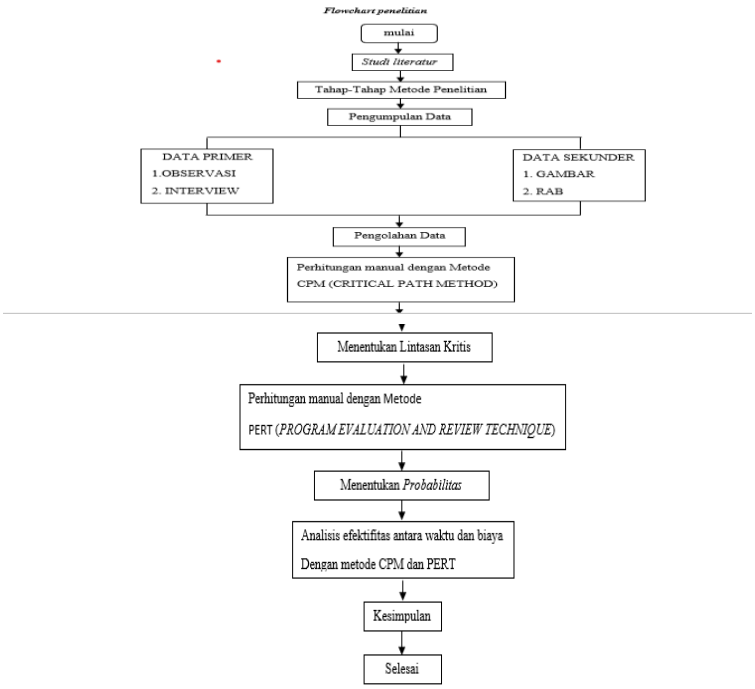
Keterangan:
V(te) = *varians* kegiatan
S = Deviasi standar kegiatan
(a) = Waktu terbaik
(b) = Waktu terburuk

4. Menghitung kemungkinan terjadinya ekspektasi target jadwal. Dengan membandingkan perkiraan waktu yang diharapkan *expected time* (TE) dengan waktu target (T(d)), yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus, dimungkinkan untuk menentukan kemungkinan ekspektasi target jadwal.:

$$Z = \frac{T(d) - TE}{S} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Keterangan:
z = Probabilitas pencapaian target
T(d) = Jadwal yang sesuai ditargetkan
TE = Total waktu pada jalur kritis
S = Deviasi standar kegiatan

Angka z adalah nilai probabilitas yang dapat diartikan dalam bentuk *persentase*, yang dapat ditemukan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif z.



Gambar 1. *Flowcart* Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan metode CPM

Proyek "Pembangunan jalan baru paving selebar 6 m dan saluran ukuran 30/40 di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya" sebaiknya dijadwal ulang dengan menggunakan pendekatan CPM. Untuk mengidentifikasi tugas mana yang berada pada jalur kritis, perlu dilakukan studi proyek yang lebih detail. Laporan tersebut harus dikontraskan dengan jadwal saat ini.

Langkah-langkah berikut terlibat dalam pembuatan jadwal menggunakan metode CPM:

1. Mengumpulkan dan mengevaluasi semua tindakan yang relevan.
2. Membangun hubungan antara tugas yang berbeda.
3. Buat diagram jaringan yang menyoroti hubungan antara setiap aktivitas.
4. menunjukkan rute kritis diagram jaringan.

Tabel 1 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

NO.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan	Kegiatan sebelumnya	Hari	biaya
	Pekerjaan Persiapan				
1.	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	A	Tidak Ada	3	Rp. 1.050.000
2.	Pengukuran Lapangan	B	A	3	Rp. 164.955
	PEKERJAAN TANAH				
3.	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	C	B	14	Rp. 22.773.673
4.	Pengangkutan Tanah keluar Proyek	D	C	14	Rp. 31.418.033
5.	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi	E	D	10	Rp. 2.907.044
6.	Pengurugan Sirtu (PADAT)	F	E	5	Rp. 15.755.110
7.	Pengurugan Pasir (PADAT)	G	F	5	Rp. 10.620.562
	PEKERJAAN SALURAN				
8.	Pemasangan Terucuk Bambu Dia 10-12, Panjang 1,5m	H	B	6	Rp. 4.130.438
9.	Pengadaan dan Pemasangan U - Ditch 40.60.120.6 cm Gandar 5 Ton	I	D	6	Rp. 272.774.406
10.	Pengadaan dan Pemasangan CU 40.8.60 cm Gandar 5 Ton (panjang = 60 cm)	J	D	6	Rp. 116.172.002
11.	Pengadaan dan Pemasangan U - Ditch 60.80.120.8 cm Gandar 10 Ton	K	D	4	Rp. 4.968.870
12.	Pengadaan dan Pemasangan CU 60.10.60 cm Gandar 10 Ton (panjang = 60 cm)	I	D	3	Rp. 1.985.474
	PEKERJAAN JALAN PAVING				
13.	Pemasangan Pipa Air Buangan Dia. 4 Type D	M	I	2	Rp. 2.723.863
14.	Pekerjaan Pembesian Besi Beton Polos	N	M	2	Rp. 6.432.209
15.	Pemasangan Batu Kumbung Uk. 25 x 50	O	E	2	Rp. 32.049.507
16.	Pekerjaan Cor setempat (1Pc 2 Ps 3Kr) + Bekisting	P	N	3	Rp. 4.122.481
17.	Kanstin Trap uk. 15.25.40 K-175	Q	F, G	10	Rp. 51.117.839
18.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang K350	R	Q	12	Rp. 33.384.477
19.	Pemasangan Stretcher Tbl. 8cm Hitam Empat Persegi Panjang	S	R, Q	5	Rp. 19.625.984
NO.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan	Kegiatan sebelumnya	Hari	Biaya
20.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang (Motif) K350	T	R, Q	6	Rp. 27.348.597
21.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Hitam Empat Persegi Panjang (Motif) K350	U	R, Q	6	Rp. 50.442.816
22.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Merah Empat Persegi Panjang (Motif) K350	V	R, Q	12	Rp. 80.709.979

23.	Pemasangan Paving Stone 10.5x10.5 Warna HitamTb.8 cm K350	W	R, S, T, U, V	12	Rp. 12.682.949
	Total biaya				Rp. 805.361.266

Menghitung Total *Float* Pada Proyek

Total *float* adalah lamanya suatu kegiatan dapat ditunda tanpa mempengaruhi kapan proyek akan selesai. Permulaan paling akhir atau penyelesaian paling akhir dikurangkan dari permulaan paling awal atau selesai paling awal, secara total, untuk menghitung total pelampung. untuk menghitung pelampung lengkap. Suatu aktivitas dianggap kritis jika total nilai mengambang dari aktivitas tersebut adalah 0.

Tabel 1. Perhitungan Nilai *float*

NO.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan	Waktu (hari)	ES	EF	LS	LF	*Float*
	PEKERJAAN PERSIAPAN							
1.	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	A	3	0	3	0	3	0
2.	Pengukuran Lapangan	B	3	3	6	3	6	0
	PEKERJAAN TANAH							
3.	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	C	14	6	20	6	20	0
4.	Pengangkutan Tanah keluar Proyek	D	14	20	34	20	34	0
5.	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi	E	10	34	44	34	44	0
6.	Pengurugan Sirtu (PADAT)	F	5	44	49	44	49	0
7.	Pengurugan Pasir (PADAT)	G	5	49	54	49	54	0
	PEKERJAAN SALURAN							
8.	Pemasangan Terucuk Bambu Dia 10-12, Panjang 1,5m	H	6	20	26	94	100	74
9.	Pengadaan dan Pemasangan U - Ditch 40.60.120.6 cm Gandar 5 Ton	I	6	34	40	94	100	60
10.	Pengadaan dan Pemasangan CU 40.8.60 cm Gandar 5 Ton (panjang = 60 cm)	J	6	34	40	94	100	60
11.	Pengadaan dan Pemasangan U - Ditch 60.80.120.8 cm Gandar 10 Ton	K	4	34	38	96	100	62
12.	Pengadaan dan Pemasangan CU 60.10.60 cm Gandar 10 Ton (pnjng = 60 cm)	L	3	34	37	93	96	59
13.	Pemasangan Pipa Air Buangan Dia. 4 Type D	M	2	37	39	96	98	59
14.	Pekerjaan Pembesian Besi Beton Polos	N	2	39	41	98	100	59
15.	Pemasangan Batu Kumbung Uk. 25 x 50	O	2	44	46	95	97	51
16	Pekerjaan Cor setempat (1Pc 2 Ps 3Kr) + Bekisting	P	3	46	49	97	100	51
	PEKERJAAN JALAN PAVING							
17.	Kanstin Trap uk. 15.25.40 K-175	Q	10	54	64	54	64	0
18.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang K350	R	12	64	76	64	76	0
19.	Pemasangan Stretcher Tbl. 8cm Hitam Empat Persegi Panjang	S	5	76	81	83	88	7
20.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang (Motif) K350	T	6	76	82	82	88	6
21.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Hitam Empat Persegi Panjang (Motif) K350	U	6	76	82	82	88	6
22.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Merah Empat Persegi Panjang (Motif) K350	V	12	76	88	76	88	0

NO.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan	Waktu (hari)	ES	EF	LS	LF	*Float*
23.	Pemasangan Paving Stone 10.5x10.5 Warna HitamTb.8 cm K350	W	12	88	100	88	100	0

Pada tabel diatas menggunakan pendekatan CPM dan mencakup jalur kritis berikut: A, B, C, D, E, F, G, Q, R, V, dan W. *Forward Pass /*Perhitungan ke maju dan *Backward Computation/*perhitungan mundur adalah langkah pertama yang harus diambil.
Jalur krusial/kritis, yang terdiri dari total 11 kegiatan berbeda, memiliki hasil 0, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.2: 1. Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi) 2. Pengukuran Lapangan, 3. Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi, 4. Pengangkutan Tanah keluar Proyek, 5. Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi, 6. Pengurugan Sirtu (PADAT), 7. Pengurugan Pasir (PADAT), 8. Kanstin Trap uk. 15.25.40 K-17, 9. Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang K350, 10. Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Merah Empat Persegi Panjang (Motif) K350, 11. Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang K350.

Analisis Menggunakan Metode PERT

Untuk menilai apakah suatu proyek akan selesai tepat waktu, teknik PERT digunakan. Berbeda dengan metode CPM yang bergantung pada waktu yang tepat, strategi PERT menggunakan tiga perkiraan waktu untuk setiap tindakan: waktu optimis (a), waktu kemungkinan besar (m), dan waktu pesimistis (b). Di bawah ini adalah kajian perkiraan waktu optimis, kemungkinan besar, dan pesimistis yang diselesaikan sehubungan dengan proyek "Pembangunan Jalan Baru Paving Lebar 6 m dan Saluran 30/40 di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya".

Tabel 2. Estimasi Waktu pada metode PERT

NO.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan	A	M	B
			HARI	HARI	HARI
	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1.	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	A	1	3	4
2.	Pengukuran Lapangan	B	2	3	6
	PEKERJAAN TANAH				
3.	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	C	10	14	17
4.	Pengangkutan Tanah keluar Proyek	D	10	14	17
5.	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi	E	8	10	11
6.	Pengurugan Sirtu (PADAT)	F	2	5	7
7.	Pengurugan Pasir (PADAT)	G	2	5	7
NO.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan	A	M	B
			HARI	HARI	HARI
	PEKERJAAN SALURAN				
8.	Pemasangan Terucuk Bambu Dia 10-12, Panjang 1,5m	H	5	6	9
9.	Pengadaan dan Pemasangan U - Ditch 40.60.120.6 cm Gandar 5 Ton	I	5	6	9
10.	Pengadaan dan Pemasangan CU 40.8.60 cm Gandar 5 Ton (panjang = 60 cm)	J	5	6	9
11.	Pengadaan dan Pemasangan U - Ditch 60.80.120.8 cm Gandar 10 Ton	K	3	4	6
12.	Pengadaan dan Pemasangan CU 60.10.60 cm Gandar 10 Ton (panjang = 60 cm)	I	3	3	5

NO.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan	A	M	B
			HARI	HARI	HARI
13.	Pemasangan Pipa Air Buangan Dia. 4 Type D	M	1	2	4
14.	Pekerjaan Pembesian Besi Beton Polos	N	1	2	4
15.	Pemasangan Batu Kumbung Uk. 25 x 50	O	2	2	4
16.	Pekerjaan Cor setempat (1Pc 2 Ps 3Kr) + Bekisting	P	2	3	5
	PEKERJAAN JALAN PAVING				
17.	Kanstin Trap uk. 15.25.40 K-175	Q	8	10	11
18.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang K350	R	7	12	14
19.	Pemasangan *Stretcher* Tbl. 8cm Hitam Empat Persegi Panjang	S	5	5	7
20.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang (Motif) K350	T	5	6	9
21.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Hitam Empat Persegi Panjang (Motif) K350	U	5	6	9
22.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Merah Empat Persegi Panjang (Motif) K350	V	7	12	14
23.	Pemasangan Paving Stone 10.5x10.5 Warna HitamTb.8 cm K350	W	7	12	14

Perhitungan Nilai Standard Deviasi dan *Varians*

Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai standar deviasi setelah nilai TE (*expected time*) ditentukan:

$$S = \frac{B - A}{6} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Dapat menggunakan rumus berikut untuk menentukan nilai varians (V) setelah menghitung standar deviasi:

$$V(te) = S^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Jalur kritis proyek Pembangunan Jalan Paving Baru dan saluran di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya telah dihitung, dan hasilnya disajikan di bawah ini.

Tabel 3. Nilai Standard Deviasi dan *Varians*

NO.	Jenis Kegiatan	kegiatan	A	M	B	Waktu Aktifitas	S	V(te)
			HARI	HARI	HARI	Te=(a+4m+b)/6	(B-A)/6=	S"
1.	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	A	1	3	4	2,8	0,5	0,3
2.	Pengukuran Lapangan	B	2	3	6	3,3	0,7	0,4
NO.	Jenis Kegiatan	kegiatan	A	M	B	Waktu Aktifitas	S	V(te)
			HARI	HARI	HARI	Te=(a+4m+b)/6	(B-A)/6=	S"
3.	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	C	10	14	17	13,8	1,2	1,4
4.	Pengangkutan Tanah keluar Proyek	D	10	14	17	13,8	1,2	1,4
5.	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi	E	8	10	11	9,8	0,5	0,3

NO.	Jenis Kegiatan	kegiatan	A	M	B	Waktu Aktifitas	S	V(te)
			HARI	HARI	HARI	Te=(a+4m+b)/6	(B-A)/6=	S"
6.	Pengurugan Sirtu (PADAT)	F	2	5	7	4,8	0,8	0,7
7.	Pengurugan Pasir (PADAT)	G	2	5	7	4,8	0,8	0,7
8.	Kanstin Trap uk. 15.25.40 K-175	Q	8	10	11	9,8	0,5	0,3
10.	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Merah Empat Persegi Panjang (Motif) K350	V	7	12	14	11,5	1,2	1,4
11.	Pemasangan Paving Stone 10.5x10.5 Warna HitamTb.8 cm K350	W	7	12	14	11,5	1,2	1,4
	TOTAL	11	64	100	122	97,7	9,7	9,4

Probabilitas proyek pembangunan Jalan Paving Baru dan saluran di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya dapat selesai tepat waktu ditentukan dengan perhitungan setelah diperoleh nilai standar deviasi pada tabel 1.4

$$Z = \frac{T(d) - Te}{s}$$

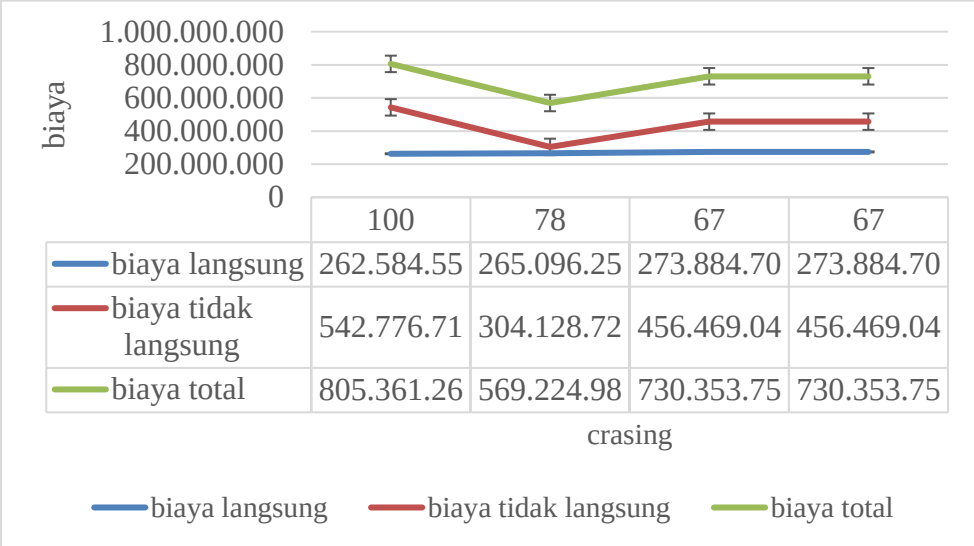
$$z = \frac{100 - 97,7}{9,7}$$

$$z = 0,2414 \approx 0,24$$

Berdasarkan tabel distribusi normal Z, nilai 0.0948 akan dihasilkan dari nilai 0.241. Akibatnya, kemungkinan proyek akan selesai dalam 100 hari dihitung sebagai 1 – 0,0948 = 0,9052, atau kemungkinan probabilitas sekitar 90%.

Durasi Optimal Proyek

Istilah "durasi proyek optimal" mengacu pada jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek secara efisien dan terjangkau.



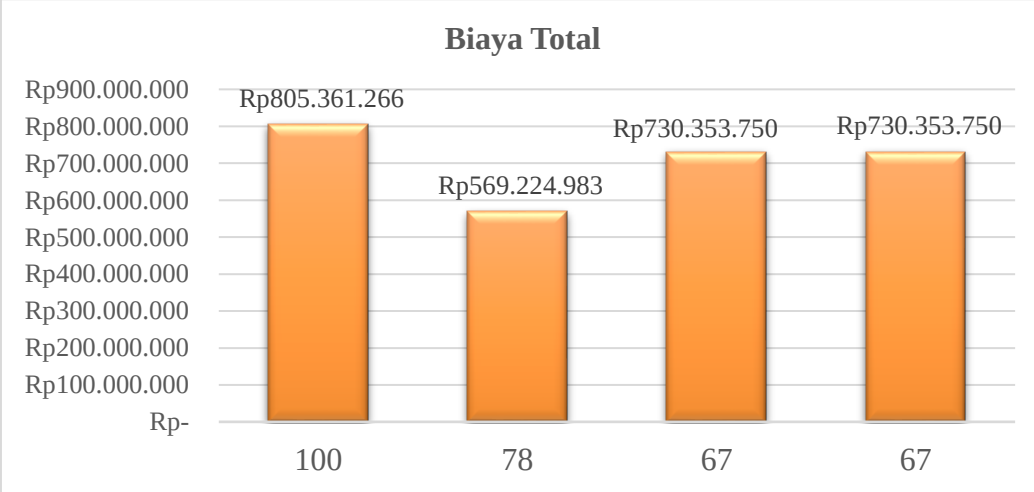
	100	78	67	67
biaya langsung	262.584.55	265.096.25	273.884.70	273.884.70
biaya tidak langsung	542.776.71	304.128.72	456.469.04	456.469.04
biaya total	805.361.26	569.224.98	730.353.75	730.353.75

Gambar 2. Hubungan biaya langsung dan tidak langsung

Dari grafik berikut terlihat jelas bahwa biaya proyek langsung cenderung meningkat ketika aktivitas proyek meningkat, biaya proyek tidak langsung cenderung menurun. Grafik berikut membandingkan biaya langsung, tidak langsung, dan total untuk proyek pembatasan dan konstruksi saluran..

Gambar 3. Grafik Perbandingan Biaya Langsung

Gambar 4. Grafik Perbandingan Tidak Biaya Langsung



Gambar 5. Grafik Perbandingan Biaya Total

Berdasarkan grafik di atas, jalan pengerasan jalan baru selebar 6 m dengan saluran 30/40 di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya dapat dibangun lebih cepat dan hemat biaya dengan menambah waktu lembur 1 jam, dengan waktu penyelesaian 78 hari dibandingkan ke 100 hari yang dijadwalkan secara tradisional. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa 78 hari adalah jangka waktu yang tepat untuk sebuah proyek pembangunan.

KESIMPULAN

1. Dari analisis data dan pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa bentuk jaringan kerja proyek "Pembangunan Jalan Paving Baru Lebar 6 m dan saluran 30/40 di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya" memiliki 11 jalur kritis: A, B, C, D, E, F, G, Q, R, V, dan W.

    a. Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi), b. Pengukuran Lapangan, c. Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi, Pengangkutan Tanah d. keluar Proyek, e.

Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi, f. Pengurugan Sirtu (PADAT), g. Pengurugan Pasir (PADAT), h. Kanstin Trap uk. 15.25.40 K-17, i. Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang K350, j. Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Merah Empat Persegi Panjang (Motif)K350, k. Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl.8 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang K350.

2. Berdasarkan hasil perhitungan teknik PERT, peluang proyek pembangunan jalan paving baru lebar 6 m saluran 30/40 di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya dapat selesai sesuai jadwal yaitu dalam jangka waktu 64 hari adalah 90%.

3. Berdasarkan perhitungan *Time Cost Trade Off*, proyek "Pembangunan jalan paving baru lebar 6 m dan saluran 30/40 di Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya" dapat diselesaikan dalam waktu 64 hari dengan tambahan waktu 3 hari jam lembur, namun ada biaya tambahan sebesar Rp. 75.007.516.

4. Biaya keseluruhan yang ideal untuk proyek "Pembangunan Jalan Paving Baru Lebar 6 m dan saluran 30/40 Jalan Medokan Tambak 16 Kota Surabaya" dengan tambahan pekerjaan lembur 1 jam menghasilkan total biaya optimal sebesar 265.096.254 dengan Masa penyelesaian proyek 78 hari. Lebih menghemat waktu selama 22 hari dengan selisih biaya Rp 540.265.012 dibandingkan kondisi normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun laporan skripsi dengan judul " Penentuan Jadwal Dan Biaya Efektif Melalui Integrasi Metode CPM (*Critical Path Metode*) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) Pada CV. Pemuda Karya Persada Surabaya" serta dapat menyelesaikannya tepat waktu. Dalam penyelesaian laporan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai banyak pihak. Menyadari hal tersebut, maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Setiawati and dan Rezky Ariessa Dewi, "Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Rehabilitasi / Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekan Dolok)," 2015.

[2] M. Fazis, "PERENCANAAN PROYEK DAN PENJADWALAN PROYEK," 2022.

[3] A. Gunasti, "FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA MANAJER PROYEK PADA PROYEK KONSTRUKSI The Factors That Affecting Performance of Project Manager In Project Contruction," 2015.

[4] A. Kusuma Tama, L. Anggraini, and B. Tutuko, "ANALISIS KINERJA MANAJEMEN KONSTRUKSI PADA PROYEK GEDUNG DIGITASI UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG," 2020.

[5] M. A. Handrian, P. Mulyatno, and P. Manik, "JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Analisa Reschedule Repair Kapal Survey Geomarin-III 649 DWT Dengan Menggunakan Critical Path Method," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 10, no. 2, 2022, [Online]. Available: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval

[6] Hi. M. Amiruddin., "844-Research Results-3158-1-10-20210526," *OPTIMASI PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE PERT DAN CPM*, vol. 17, no. 1, pp. 698–709, 2017.

[7] S. Qomariyah and F. Hamzah, "ANALISIS NETWORK PLANNING DENGAN CPM (CRITICAL PATH METHOD) DALAM RANGKA EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA PROYEK," *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, vol. 1, no. 4, pp. 414–416, 2013.

[8] A. Hayun, "Perencanaan dan Pengendalian … (Anggara Hayun A) PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PROYEK DENGAN METODE PERT-CPM: STUDI KASUS FLY OVER AHMAD YANI, KARAWANG," 2018.

[9] Harry kurniawan, "3051-9417-1-PB," *ANALISIS PERCEPATAN JADWAL PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE PERT DAN CPM (STUDI KASUS PEMBANGUNAN VILLA PANBIL TYPE JIMBARAN BLOK R.12*, vol. 1, no. 250–261, pp. 254–254, 2019.